

Table des matières

Sigles et abréviations	9
Introduction	11
Chapitre 1. Mathématiques pour les communications	17
1.1. Représentation spectrale	17
1.1.1. Signaux déterministes	17
1.1.2. Processus aléatoires	18
1.1.3. Filtrage linéaire	19
1.2. Théorèmes d'échantillonnage	20
1.3. Représentation en phase et quadrature	21
1.3.1. Enveloppe complexe d'un signal déterministe	22
1.3.2. Traitements des signaux en bande de base	27
1.3.3. Enveloppe complexe d'un processus aléatoire du second ordre	30
1.3.4. Stationnarisation d'un processus modulé	34
1.4. Loi des composantes d'un signal noyé dans un bruit AGB	37
1.4.1. Modèle gaussien	37
1.4.2. Espace de Hilbert	39
1.4.3. Décomposition d'un bruit blanc sur une base orthonormée	42
1.4.4. Loi de la somme de deux variables aléatoires indépendantes	44
1.5. Éléments de décision statistique	44
1.5.1. Position du problème	44
1.5.2. Exemple de deux observations gaussiennes de dimension K	47
1.5.3. Cas de M observations gaussiennes de dimension K	53
1.6. Statistique suffisante associée à un signal dans un bruit AGB	54
1.6.1. Représentation réelle des signaux	54
1.6.2. Représentation en phase et quadrature	56
1.6.3. Résumé sur la détection d'un signal dans un bruit AGB	60
1.7. Exercices	60

Chapitre 2. Communications analogiques	63
2.1. Modulations d'amplitude	64
2.1.1. Modulation d'amplitude sans porteuse	64
2.1.2. Modulation double bande avec porteuse	66
2.1.3. Modulation à bande latérale unique	69
2.2. Modulation de fréquence	70
2.3. Comparaison des performances	75
2.4. Exercices	78
Chapitre 3. Communications numériques	81
3.1. Introduction	81
3.2. Modulation numérique	81
3.2.1. Message numérique et signal numérique	81
3.2.2. Transmission M -aire	83
3.2.3. Modulation numérique sur fréquence porteuse	84
3.2.4. Limite fondamentale : formule de Shannon	88
3.2.5. Paramètres d'une chaîne de communication	89
3.2.6. Spectre des signaux numériques	91
3.2.7. Evanouissements sélectifs sur un canal	100
3.3. Transmission en présence de bruit AGB : représentation réelle	101
3.3.1. Filtre adapté	101
3.3.2. Canal idéal de bande B soumis à un bruit AGB	103
3.3.3. Expression des échantillons en sortie du filtre adapté	104
3.3.4. Réception optimale en absence d'IES : critère de Nyquist	106
3.3.5. Diagramme de l'œil	113
3.3.6. Distorsion maximale d'IES	117
3.3.7. Performances d'une transmission sur le canal de Nyquist	118
3.3.8. Modulation duobinaire	126
3.4. Transmission sur fréquence porteuse en présence de bruit AGB	139
3.4.1. Démodulation synchrone : composantes en phase et quadrature	139
3.4.2. Annulation de l'IES : critère de Nyquist	141
3.4.3. Diagramme de l'œil	146
3.4.4. Propriétés statistiques des observations	147
3.4.5. Modulation par déplacement de phase (MDP)	150
3.4.6. Modulation par amplitudes en quadrature (MAQ)	156
3.4.7. Modulation de fréquence à phase continue	158
3.4.8. OFDM	166
3.5. Egalisation linéaire	171
3.6. Canal AGB non cohérent	176
3.6.1. Détection non cohérente sur le canal AGB	176
3.6.2. Modulation MDF-2	179
3.6.3. Modulation MDP différentielle	183

3.7. Communications à accès multiple	188
3.7.1. Exemple de base	190
3.7.2. CDMA synchrone	191
3.7.3. Génération de codes	197
3.7.4. Démodulation en présence de bruit	199
3.7.5. Accès multiple asynchrone	200
3.7.6. Accès multiple par saut de fréquences	202
3.8. Exercices	204
3.9. Annexes	213
Chapitre 4. Introduction aux codes correcteurs d'erreur	215
4.1. Notion de canal d'information	215
4.2. Différents types de code	219
4.2.1. Code en bloc	220
4.2.2. Code convolutif	222
4.3. Décision optimale sur un canal à entrée binaire	226
4.3.1. Distance de Hamming	227
4.3.2. Distance euclidienne	236
4.3.3. Problème de complexité du décodage	240
4.4. Codes en bloc linéaires	240
4.4.1. Définition et propriétés générales	240
4.4.2. Décodage par le syndrome	245
4.4.3. Codes cycliques	250
4.4.4. Codes BCH	255
4.5. Codes convolutifs	258
4.5.1. Code convolutif binaire $C(3, 1)$	258
4.5.2. Modulation en treillis	263
4.6. Exercices	272
4.7. Annexes	277
Chapitre 5. Éléments de théorie de l'information	281
5.1. Outils de la théorie de l'information	281
5.1.1. Quantité d'information	281
5.1.2. Relations entre entropie et codage de source	284
5.1.3. Information mutuelle	287
5.1.4. Cas de variables aléatoires « continues »	294
5.2. Capacité d'un canal	296
5.2.1. Notion de canal de communication	296
5.2.2. Exemples de canaux en communications numériques	296
5.2.3. Définitions d'un canal discret et d'un code sur ce canal	302
5.2.4. Exemples de calcul de capacité	307
5.2.5. Applications : canaux AGB à décisions ferme et douce	316
5.2.6. Capacité en bits/s du canal AGB à bande limitée	319

8 Systèmes de communications

5.2.7. Canal en théorie de l'information	320
5.3. Exercices	322
5.4. Annexes	327
Chapitre 6. Calculs et simulation	329
6.1. Éléments de théorie du signal	329
6.2. Exercices	343
Chapitre 7. Correction des exercices	353
7.1. Exercices du chapitre 1	353
7.2. Exercices du chapitre 2	359
7.3. Exercices du chapitre 3	362
7.4. Exercices du chapitre 4	381
7.5. Exercices du chapitre 5	389
Chapitre 8. Correction des exercices du chapitre 6	395
Bibliographie	445
Index	447